

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-135965

⑮ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)6月18日

G 06 F 15/60

6615-5B

審査請求 未請求 発明の数 1 (全 15 頁)

⑭ 発明の名称 自由曲面作成方法

⑰ 特 願 昭60-277448

⑱ 出 願 昭60(1985)12月9日

特許法第30条第1項適用 昭和60年10月13日 社団法人精機学会主催の昭和60年度精機学会秋季大会
において学術講演会論文集をもって発表

⑲ 発 明 者 倉 賀 野 哲 造 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑳ 発 明 者 菊 池 敦 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
㉑ 出 願 人 ソ ニ ー 株 式 会 社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
㉒ 代 理 人 弁 理 士 田 辺 恵 基

明 細 書

1. 発明の名称

自由曲面作成方法

2. 特許請求の範囲

(1) 枠組み処理によつて境界曲線で囲まれる多数の枠組み空間を形成し、上記枠組み空間に所定のベクトル関数で表されるパッチを張ることにより、自由曲面を生成するようになされた自由曲面作成方法において、

上記多数のパッチのうち、隣合う第1及び第2のパッチを指定し、

上記第1のパッチを表すベクトル関数の1階微係数でなり、上記第1のパッチの共有境界に沿う方向及び横断する方向の2つのベクトルでなる第1の接線ベクトルを求め、

上記第2のパッチを表すベクトル関数の1階微係数でなり、上記第2のパッチの共有境界に沿う方向及び横断する方向の2つのベクトルでなる第

2の接線ベクトルを求め、

上記第1及び第2の接線ベクトルを、上記共有境界において接平面連続の条件が成り立つように設定し、当該設定された上記第1及び第2の接線ベクトルによつて上記第1及び第2のパッチの内部に指定された位置を、内部の制御点として用いて上記第1及び第2のパッチの上記共有境界周りの曲面を制御することにより、上記第1及び第2のパッチを接続する

ことを特徴とする自由曲面作成方法。

(2) 上記枠組み空間に張られるパッチを3次の補間演算式によつて表してなる特許請求の範囲第1項に記載の自由曲面作成方法。

(3) 上記多数のパッチを1次元的方向に順次接続されるように枠組みしてなる特許請求の範囲第1項に記載の自由曲面作成方法。

(4) 上記内部の制御点を、上記共有境界の両端における境界曲線の形態の変化に対応する数式を用いて演算するようにしてなる特許請求の範囲第1項に記載の自由曲面作成方法。

(1)

(2)

3. 発明の詳細な説明

以下の順序で本発明を説明する。

A 産業上の利用分野

B 発明の概要

C 従来の技術

D 発明が解決しようとする問題点

E 問題点を解決するための手段（第1図）

F 作用（第1図）

G 実施例（第1図～第7図）

H 発明の効果

A 産業上の利用分野

本発明は自由曲面作成方法に関し、例えばCAD（computer aided design）、又はCAM（computer aided manufacturing）において、自由曲面をもつた形状を生成する場合に適用して好適なものである。

B 発明の概要

本発明は、CAD、又はCAMなどにおける自由

(3)

境界曲線を利用して所定の関数によつて表現できる曲面を補間演算することができれば、全体としてデザイナーがデザインした自由曲面（2次関数で規定できないものを言う）を生成することができる。ここで各枠組み空間に張られた曲面は全体の曲面を構成する基本要素を形成し、これをパッチと呼ぶ。

従来この種のCADシステムにおいては、境界曲線網を表現する数式として、計算が容易な例えばベジエ（Bezier）式、Bスプライン（B-spline）式でなる3次のテンソルが使われており、例えば形状的に特殊な特徴がないような自由曲面を数式表現するには最適であると考えられている。

D 発明が解決しようとする問題点

しかしこの従来の数式表現は、形状的に特徴がある曲面（例えば大きく歪んだ形状をもつ曲面）に適用する場合には、パッチ相互間の接続方法に困難があり、高度な数学的演算処理を実行する必要があるため、コンピュータによる演算処理が複

(5)

曲面作成方法において、隣合う2つのパッチを、1階微係数が共有境界において接平面連続の条件をもつように内部の制御点を設定するようにしたことにより、隣合う2つのパッチを滑らかな自由曲面をもつように接続することができる。

C 従来の技術

例えばCADの手法を用いて、自由曲面をもつた物体の形状をデザインする場合、一般に、デザイナーは曲面が通るべき3次元空間における複数の点を指定し、当該指定された複数の点を結ぶ境界曲線網を、所定の関数を用いてコンピュータによつて演算させることにより、いわゆるワイヤーフレームで表現された曲面を作成する。かくして境界曲線によつて囲まれた多数の枠組み空間を形成することができる（このような処理を以下枠組みと呼ぶ）。

かかる枠組み処理によつて形成された境界曲線網は、それ自体デザイナーがデザインしようとする大まかな形状を表しており、各枠組み空間を囲む

(4)

雑かつ膨大になる問題がある。

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、テンソル積の数式表現が簡素である利点を生かすように、簡素な数式表現のまま隣接するパッチ相互間を接平面連続の条件の下に簡易に接続することによつて、複雑な曲面を簡易な数式表現をもつ補間演算式によつて演算し得るようにした自由曲面作成方法を提案しようとするものである。

E 問題点を解決するための手段

かかる問題点を解決するため本発明においては、枠組み処理によつて境界曲線で囲まれる多数の枠組み空間を形成し、この枠組み空間に所定のベクトル関数で表されるパッチを張ることにより、自由曲面を生成するようになされた自由曲面作成方法において、多数のパッチのうち、隣合う第1及び第2のパッチ $S(u, v)_1$ 、 $S(u, v)_2$ を指定し、第1のパッチ $S(u, v)_1$ を表すベクトル関数の1階微係数でなり、当該第1のパッチ $S(u, v)_1$ の共有境界COMに沿う方向及び横断する方向の2つのベ

(6)

クトルでなる第1の接線ベクトル $a_0 \sim a_3$ を求め、第2のバッチ $S(u, v)_2$ を表すベクトル関数の1階微係数でなり、上記第2のバッチの共有境界COMに沿う方向及び横断する方向の第2の接線ベクトル $c_0 \sim c_3$ を求め、第1及び第2の接線ベクトル $a_0 \sim a_3$ 及び $c_0 \sim c_3$ を上記共有境界において接平面連続の条件が成り立つように設定し、当該設定された第1及び第2の接線ベクトル a_1, a_2 及び c_1, c_2 によつて第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1, S(u, v)_2$ の内部に指定された位置を、内部の制御点 $P(11)_1, P(12)_1$ 及び $P(11)_2, P(12)_2$ として用いて第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の共有境界COM周りの曲面を制御することにより、第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ を接続するようにする。

F作用

第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の内部の制御点 $P(11)_1, P(12)_1$ 及び $P(11)_2, P(12)_2$ を

$$(7)$$

$S(u, v)_1$ 及び第2のバッチ $S(u, v)_2$ が共に保有している境界(これを共有境界と呼ぶ)の一端の位置を表す位置ベクトルでなり、(1)式は、位置ベクトルでなる制御点 $P(00)$ を基準にして、第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ 上の自由曲面を表現する。

また、(1)式において E, F はシフト演算子で、バッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ 上の位置ベクトルで表される制御点 $P(i, j)$ に対して次式、

$$E \cdot P(i, j) = P(i+1, j) \quad \dots\dots (2)$$

$$F \cdot P(i, j) = P(i, j+1) \quad \dots\dots (3)$$

の関係をもつ。

さらに(1)式において、 u, v は0~1の間の値を変化するパラメータで、第1図に示すように、第1及び第2のバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ に対してそれぞれ制御点 $P(00)$ から横方向に u 軸をとり、かつ縦方向に v 軸をとつた座標 (u, v) を用いてバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ 内の自由曲面上の座標を表すことができる。

$$(9)$$

$P(12)_2$ の立体曲面上の位置が、各バッチの1階微係数が共有境界COMにおいて接平面連続の条件を満足するような位置に設定される。

かくして2つのバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の共有境界COMにおける曲面は滑らかに接続されることになる。

G実施例

以下図面について、本発明の一実施例を詳述する。

(G1)バッチ接続の原理

この実施例において、枠組みされた境界曲線及び枠組み空間に張られるバッチを次式のベクトル関数 $S(u, v)$ 、

$$S(u, v) = (1 - u + uE)^m$$

$$\cdot (1 - v + vF)^n \cdot P(00) \dots\dots (1)$$

で表される3次のベジエ式を用いて表現する。

ここで $P(00)$ は、第1図に示すように、隣合う枠組み空間に張られた曲面すなわち第1のバッチ

$$(8)$$

さらに(1)式において m 及び n は、ベジエ曲面を、 m 次及び n 次の演算式を用いて表現することを表している。第1図の場合 $m=3, n=3$ に選定して3次のベジエ式を用いて自由曲面を表現するようになされ、かくして $S(u, v)_1$ は16個の制御点、すなわち $P(00) \sim P(03), P(10)_1 \sim P(13)_1, P(20)_1 \sim P(23)_1, P(30)_1 \sim P(33)_1$ で表現されることになる。また第2のバッチ $S(u, v)_2$ も同様に16個の制御点 $P(00) \sim P(03), P(10)_2 \sim P(13)_2, P(20)_2 \sim P(23)_2, P(30)_2 \sim P(33)_2$ によつて表現することができる。

このような2つのバッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ は、デザイナーによる枠組み処理によつて、作られた境界曲線網上に張られており、この2つのバッチ間に共有境界COMをもっている。ここで、各境界曲線に沿つて設定された制御点は、枠組み処理時に各境界曲線を3次のベジエ式で表すために設定され、各境界曲線の両端間における凸面側位置に4つの制御点が指定されている。これに対し

$$(10)$$

て境界曲線によつて囲まれた枠組み空間内部の制御点は、当該枠組み空間に自由曲面を張るために3次のベジェ式を用いて補間演算するために設定される。かくして各枠組み空間の曲面は、16個の制御点によつて表される。

ところで、枠組み処理によつて形成された境界曲線網の多数の枠組み空間に、それぞれ別個に自由曲面を張つてパッチを生成した場合、隣合うパッチの共有境界における曲面は一般に滑らかにはならない。そこでこの実施例においては、2つのパッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ を、共有境界COMにおいて滑らかに接続するように、各パッチの制御点を設定し直して、これらの制御点を用いてパッチに張るべき自由曲面を補間演算する。これにより、境界曲線網に枠組みされた曲面全体に亘つて全てのパッチを滑らかに接続して行くことができることにより、多くの物体の外形状を自然に表現できる。

この共有境界COMにおける接続は、接平面連続の条件を満足するような制御辺ベクトル $a_0 \sim$

(11)

第2のパッチ $S(u, v)_2$ の v 方向を指定する共有境界線COMの接線ベクトルとが同一平面上に存在することである。ここで接平面は、共有境界の各点での u 方向及び v 方向の接線ベクトルによつて形成される平面を呼び、従つて共有境界の各点においてパッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の接平面が同一のとき、接平面連続の条件が成り立つ。

例えば、一方の節点でなる制御点 $P_{(0,2)}$ についての接平面連続の条件は、第2図に示すように決められる。すなわちパッチ $S(u, v)_1$ について、共有境界COMを横断する方向(すなわち u 方向)の接線ベクトル a_0 、及び共有境界COMに沿う方向(すなわち v 方向)の接線ベクトル b_1 の法線ベクトル n_1 は、

$$n_1 = a_0 \times b_1 \quad \dots\dots (4)$$

で表され、またパッチ $S(u, v)_2$ について、共有境界COMを横断する方向の接線ベクトル c_0 、及び共有境界COMに沿う方向の接線ベクトル b_2 の法線ベクトル n_2 は、

(13)

$a_2, b_1 \sim b_2, c_0 \sim c_2$ を求めて実現される。制御辺ベクトル a_0, a_1, a_2, a_3 は制御点 $P_{(0,0)}, P_{(0,1)}, P_{(0,2)}, P_{(0,3)}$ から第1のパッチ $S(u, v)_1$ の隣の制御点 $P_{(1,0)}, P_{(1,1)}, P_{(1,2)}, P_{(1,3)}$ に向かうベクトルで表される。また、制御辺ベクトル c_0, c_1, c_2, c_3 は、制御点 $P_{(0,0)}, P_{(0,1)}, P_{(0,2)}, P_{(0,3)}$ から第2のパッチ $S(u, v)_2$ の隣の制御点 $P_{(1,0)}, P_{(1,1)}, P_{(1,2)}, P_{(1,3)}$ に向かうベクトルでなる。さらに制御辺ベクトル b_1, b_2, b_3 は、制御点 $P_{(0,0)}$ から $P_{(0,1)}$ に向かうベクトル、制御点 $P_{(0,1)}$ から $P_{(0,2)}$ に向かうベクトル、制御点 $P_{(0,2)}$ から $P_{(0,3)}$ に向かうベクトルでなる。

かくして共有境界COM周りの曲面が、制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3, b_1 \sim b_3, c_0 \sim c_3$ によつて表され、これらの制御辺ベクトルを用いて接平面連続の条件式を求める。接平面連続の条件は、第1に共有境界COMの線上の各点について、第1のパッチ $S(u, v)_1$ の u 方向の接線ベクトルと、第2のパッチ $S(u, v)_2$ の u 方向の接線ベクトルと、

(12)

$$n_2 = c_0 \times b_1 \quad \dots\dots (5)$$

で表される。ここで接平面連続というためには、接線ベクトル a_0, b_1 及び c_0, b_1 が同一平面になければならず、その結果法線ベクトル n_1 及び n_2 は同一方向に向くことになる。

かかる接平面連続の条件を満足する数式を次式

$$\begin{aligned} \lambda(v) &= \frac{\partial S(u, v)_2}{\partial u} \\ -\mu(v) &= \frac{\partial S(u, v)_1}{\partial u} \\ +\nu(v) &= \frac{\partial S(u, v)_1}{\partial v} \quad \dots\dots (6) \end{aligned}$$

で表す。(6)式において $\partial S(u, v)_1 / \partial u$ 及び $\partial S(u, v)_2 / \partial u$ は、それぞれ共有境界COM上の点 (u, v) におけるパッチ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の u 方向の接線ベクトル(すなわち横断接線ベクトル)を表し、(1)式を1階偏微分することにより、

(14)

$$\frac{\partial S(u, v)_1}{\partial u} = 3(1-v+vF)^2 a_0 \quad \dots\dots (7)$$

$$\frac{\partial S(u, v)_2}{\partial u} = 3(1-v+vF)^2 c_0 \quad \dots\dots (8)$$

になる。ただし、

$$a_j = P_{(1j)1} - P_{(0j)} \quad (j=0, 1, 2, 3) \quad \dots\dots (9)$$

$$c_j = P_{(1j)2} - P_{(0j)} \quad (j=0, 1, 2, 3) \quad \dots\dots (10)$$

である。

また $\partial S(u, v)_1 / \partial v$ は、共有境界 COM 上のパッチ $S(u, v)_1$ の v 方向の接線ベクトルで、(1) 式を 1 階偏微分することにより、

(15)

(13) 式～(15) 式のスカラ関数 $\lambda(v)$ 、 $\mu(v)$ 、 $\nu(v)$ は、数式の形として、 $(1-v)$ の項及び v の項と、その積の項とをもち、 $\mu(v)$ 及び $\nu(v)$ には、未知数 κ_1 、 κ_2 及び η_1 、 η_2 を含んでいる。かくして (13) 式～(15) 式を (6) 式に代入して展開したとき、(6) 式の右辺及び左辺が共に、 $(1-v)^4$ 、 $v(1-v)^3$ 、 $v^2(1-v)^2$ 、 $v^3(1-v)$ 、 v^4 の項の和の形に整理できるようにする。かくして (6) 式に対して、(7) 式、(8) 式、(11) 式と、(13) 式、(14) 式、(15) 式とを代入して整理した各項ごとに、係数部が互いに等しくなるように未知数 κ_1 、 κ_2 及び η_1 、 η_2 を選定すれば、結局共有境界 COM において、接平面連続の条件を満足させることができるような制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_3$ を設定することができる。

實際上、(6) 式の各項の係数部を互いに等しいとおくと共に、(7) 式、(8) 式、(11) 式に含まれている F を (2) 式の関係から消去すれ

(17)

$$\frac{\partial S(u, v)_1}{\partial v} = 3(1-v+vF)^2 b_1 \quad \dots\dots (11)$$

になる。ただし、

$$b_j = P_{(0j)} - P_{(0j-1)} \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots (12)$$

である。

また (6) 式のスカラ関数 $\lambda(v)$ 、 $\mu(v)$ 、 $\nu(v)$ として

$$\lambda(v) = (1-v) + v \quad \dots\dots (13)$$

$$\mu(v) = \kappa_1(1-v) + \kappa_2 v \quad \dots\dots (14)$$

$$\begin{aligned} \nu(v) = & \eta_1(1-v)^2 \\ & + (\eta_1 + \eta_2)[(1-v) \cdot v] \\ & + \eta_2 v^2 \quad \dots\dots (15) \end{aligned}$$

に選定してこれを (6) 式に代入する。

(16)

ば、それぞれ $(1-v)^4$ 、 $v(1-v)^3$ 、 $v^2(1-v)^2$ 、 $v^3(1-v)$ 、 v^4 の項の条件から

$$c_0 = \kappa_1 a_0 + \eta_1 b_1 \quad \dots\dots (16)$$

$$\begin{aligned} 3c_1 + c_0 = & 3\kappa_1 a_1 + \kappa_2 a_0 \\ & + 2\eta_1 b_2 + (\eta_1 + \eta_2) b_1 \quad \dots\dots (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3c_2 + 3c_1 = & 3\kappa_1 a_2 + 3\kappa_2 a_1 \\ & + \eta_1 b_3 + 2(\eta_1 + \eta_2) b_2 \\ & + \eta_2 b_1 \quad \dots\dots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_3 + 3c_2 = & \kappa_1 a_3 + 3\kappa_2 a_2 \\ & + (\eta_1 + \eta_2) b_3 + 2\eta_2 b_2 \quad \dots\dots (19) \end{aligned}$$

$$c_3 = \kappa_2 a_3 + \eta_2 b_3 \quad \dots\dots (20)$$

の関係式を得ることができる。

(18)

結局 (16) 式～(20) 式を満足するような制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_3$ を、未知数 κ_1 、 κ_2 及び η_1 、 η_2 を必要に応じて設定して行くことによつて、決めることができ、その結果 (6) 式に基づく接平面連続の条件を満足させながら第 1 及び第 2 のパッチ $S_{(u,v)_1}$ 及び $S_{(u,v)_2}$ を滑らかに接続することができる。

(G2) 1 次元的な接続方法

このように (I) 式で表されたベジエ曲面のうち、3 次式の数式を用いて 2 つのパッチの共有境界を連続的に接続することができるが、この実施例においては、かかる数式表現によつて第 3 図に示すように 1 方向 (例えば横方向) に複数のパッチ……SE1、SE2、SE3、SE4、SE5……を順次接続して行くことによつて全体として帯状に接続する自由曲面を生成して行く。

そのため、(16) 式～(20) 式において、 c_0 、 c_1 、 c_2 、 c_3 を消去した後、制御辺ベクトル b_1 、 b_2 、 b_3 を消去することにより、次式

(19)

$$a_1 = \frac{a_2 + 2a_0}{3} \quad \dots\dots (23)$$

のように表し得ると共に、制御辺ベクトル a_1 及び a_3 間にある制御辺ベクトル a_2 は、

$$a_2 = \frac{2a_3 + a_0}{3} \quad \dots\dots (24)$$

のように表し得る。そして (23) 式及び (24) 式を (22) 式に代入することにより、制御辺ベクトル a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 をその変化率が一定になるように設定すれば、(22) 式の関係式を満足させることができることが分かる。

次に (16) 式を (17) 式に代入すると、次式

$$c_1 = \kappa_1 a_1 + \frac{\kappa_2 - \kappa_1}{3} a_0 + \frac{2\eta_1}{3} b_2 + \frac{\eta_2}{3} b_1 \quad \dots\dots (25)$$

によつて第 2 のパッチ $S_{(u,v)_2}$ の制御辺ベクトル

(21)

$$(\kappa_1 - \kappa_2)(a_0 - 3a_1 + 3a_2 - a_3) = 0 \quad \dots\dots (21)$$

で示すように、第 1 のパッチ $S_{(u,v)_1}$ 側の制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3$ のみで表される式を得る。

ここで、第 2 項を 0 とおけば、制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3$ について

$$a_0 - 3a_1 + 3a_2 - a_3 = 0 \quad \dots\dots (22)$$

の関係があれば接平面連続の条件式を満足することが分かる。

ここで、(22) 式の関係から、枠組みの際に既知の制御辺ベクトル a_0 、 a_3 を用いて制御辺ベクトル a_1 、 a_2 を求めれば、接平面連続の条件式を満足するパッチ $S_{(u,v)_1}$ の内部の制御点 $P_{(11)_1}$ 、 $P_{(12)_1}$ を決めることができる。

かかる演算をする際に、制御辺ベクトル a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 をその変化率が一定になるように設定すると、制御辺ベクトル a_0 及び a_3 間にある制御辺ベクトル a_1 は、

(20)

c_1 を得ることができ、また (20) 式を (19) 式に代入することにより、次式

$$c_2 = \kappa_2 a_2 + \frac{\kappa_1 - \kappa_2}{3} a_0 + \frac{\eta_1}{3} b_3 + \frac{2\eta_2}{3} b_2 \quad \dots\dots (26)$$

によつて制御辺ベクトル c_2 を求めることができる。

(25) 式及び (26) 式に、(23) 式及び (24) 式を代入すれば、制御辺ベクトル c_1 及び c_2 は

$$c_1 = \frac{1}{3} [\kappa_1 a_3 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_0 + 2\eta_1 b_2 + \eta_2 b_1] \quad \dots\dots (27)$$

$$c_2 = \frac{1}{3} [\kappa_2 a_0 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_3 + 2\eta_2 b_2 + \eta_1 b_3] \quad \dots\dots (28)$$

(22)

のように、既知の制御辺ベクトル a_0 、 a_1 、 b_1 、 b_2 、 b_3 によつて表されることになる。

(G3) 枠組みの形態による条件

ところで、制御辺ベクトル c_1 、 c_2 の値は、枠組み処理によつて形成された共有境界 COM の両端位置の節点を構成する制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ における制御辺ベクトル a_0 、 b_1 、 c_0 、及び a_2 、 b_2 、 c_2 の関係によつて異なる影響を受ける。そこで、枠組みの形態を3つの類型に分類し、各類型ごとに第1及び第2のパッチ $S_{(u,v)1}$ 及び $S_{(u,v)2}$ の制御辺ベクトル a_1 、 a_2 及び c_1 、 c_2 を決める。

この実施例の場合、制御辺ベクトル a_1 、 a_2 及び c_1 、 c_2 を決める手法として、次に述べるように、一方の制御辺ベクトル a_1 、 a_2 を変更せずに他方の制御辺ベクトルのみを変更することにより、接平面連続の条件を成立させるようにする。

すなわち枠組みの形態は、共有境界 COM の両端の節点となる制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ において、

(23)

$$c_2 = \frac{1}{3} (\kappa_2 a_0 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_2) \quad \dots\dots (31)$$

として求めることができる。

これに対して κ_1 及び κ_2 が互いに等しい場合には、 $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa$ においてこれを (30) 式及び (31) 式に代入することによつて

$$c_1 = \frac{1}{3} (\kappa a_2 + 2\kappa a_0) \quad \dots\dots (32)$$

$$c_2 = \frac{1}{3} (\kappa a_0 + 2\kappa a_2) \quad \dots\dots (33)$$

と表すことができる。

従つて制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ において u 方向に向かう制御辺ベクトルが共に平行になるように枠組みされた2つのパッチ間を接平面連続の条件によつて接続するためには、一方のパッチの制御辺ベクトル a_0 、 a_2 に対して、他方のパッチの制御辺ベクトル c_1 、 c_2 を、(30) 式、(31)

(25)

2つのパッチ $S_{(u,v)1}$ 及び $S_{(u,v)2}$ の方向に向かう制御辺ベクトル a_0 、 c_0 、及び a_2 、 c_2 が互いに平行であるか否かによつて分類する。

(I) 両方が平行の場合

第3図において共有境界 COM 1 によつて示すように、共有境界 COM 1 の両端の制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ において、2つの制御辺ベクトル a_0 、 c_0 、及び a_2 、 c_2 がそれぞれ互いに平行である場合、接平面連続の条件を満足するためには、(16) 式及び (20) 式において η_1 及び η_2 は

$$\eta_1 = 0, \eta_2 = 0 \quad \dots\dots (29)$$

でなければならない。

この条件を (27) 式及び (28) 式に代入すると、 κ_1 及び κ_2 が互いに等しくない場合には、制御辺ベクトル c_1 及び c_2 は次式

$$c_1 = \frac{1}{3} (\kappa_1 a_2 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_0) \quad \dots\dots (30)$$

(24)

式及び (32) 式、(33) 式で表すような関係に満足すれば良い。

(II) 一方が平行でない場合

第3図において共有境界 COM 3 について示すように、第1に、一方の節点でなる制御点 $P_{(00)}$ の制御辺ベクトル a_0 、 c_0 が互いに平行でない場合には、 η_1 、 η_2 の関係は、(16) 式及び (20) 式から

$$\eta_1 \neq 0, \eta_2 = 0 \quad \dots\dots (34)$$

にならなければならない、これを (27) 式及び (28) 式に代入する。ここで κ_1 及び κ_2 が互いに等しくなければ、制御辺ベクトル c_1 及び c_2 は、

$$c_1 = \frac{1}{3} (\kappa_1 a_2 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_0 + 2\eta_1 b_2) \quad \dots\dots (35)$$

$$c_2 = \frac{1}{3} (\kappa_2 a_0 + (\kappa_1 + \kappa_2) a_2)$$

(26)

$$+ \eta_1 \mathbf{b}_1] \quad \dots\dots (36)$$

のように、制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ における u 方向の制御辺ベクトル \mathbf{a}_0 及び \mathbf{a}_2 と、共有境界 COM 3 に沿う v 方向の制御辺ベクトル \mathbf{b}_1 、 \mathbf{b}_2 とによつて決まる関係に設定すれば、接平面連続の条件を満足させながら 2 つのパッチを接続することができる。

これに対して κ_1 及び κ_2 が互いに等しい場合には、(35) 式及び (36) 式において $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa$ とおけば、

$$\mathbf{c}_1 = \frac{1}{3} (\kappa \mathbf{a}_2 + 2 \kappa \mathbf{a}_0 + 2 \eta_1 \mathbf{b}_1) \quad \dots\dots (37)$$

$$\mathbf{c}_2 = \frac{1}{3} (\kappa \mathbf{a}_0 + 2 \kappa \mathbf{a}_2 + \eta_1 \mathbf{b}_2) \quad \dots\dots (38)$$

と表し得る。

(27)

COM 3 に沿う v 方向の制御辺ベクトル \mathbf{b}_1 、 \mathbf{b}_2 とによつて決まる関係に設定すれば、接平面連続の条件を満足させながら 2 つのパッチを接続することができる。

これに対して κ_1 及び κ_2 が互いに等しい場合には、(40) 式及び (41) 式において $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa$ とおけば、

$$\mathbf{c}_1 = \frac{1}{3} (\kappa \mathbf{a}_2 + 2 \kappa \mathbf{a}_0 + \eta_1 \mathbf{b}_1) \quad \dots\dots (42)$$

$$\mathbf{c}_2 = \frac{1}{3} (\kappa \mathbf{a}_0 + 2 \kappa \mathbf{a}_2 + 2 \eta_2 \mathbf{b}_2) \quad \dots\dots (43)$$

と表し得る。

(3) 両方が平行でない場合

第 3 図において共有境界 COM 2 で示すように、両端の節点でなる制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ におけ

(29)

また第 2 に、第 3 図において共有境界 COM 3 について示すように、他方の節点でなる制御点 $P_{(02)}$ の制御辺ベクトル \mathbf{a}_2 、 \mathbf{c}_2 が互いに平行でない場合には、 η_1 、 η_2 の関係は、(16) 式及び (20) 式から

$$\eta_1 = 0, \eta_2 \neq 0 \quad \dots\dots (39)$$

にならなければならない、これを (27) 式及び (28) 式に代入する。ここで κ_1 及び κ_2 が互いに等しくなければ、制御辺ベクトル \mathbf{c}_1 及び \mathbf{c}_2 は、

$$\mathbf{c}_1 = \frac{1}{3} (\kappa_1 \mathbf{a}_2 + (\kappa_1 + \kappa_2) \mathbf{a}_0 + \eta_2 \mathbf{b}_1) \quad \dots\dots (40)$$

$$\mathbf{c}_2 = \frac{1}{3} (\kappa_2 \mathbf{a}_0 + (\kappa_1 + \kappa_2) \mathbf{a}_2 + 2 \eta_2 \mathbf{b}_2) \quad \dots\dots (41)$$

のように、制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ における u 方向の制御辺ベクトル \mathbf{a}_0 及び \mathbf{a}_2 と、共有境界 C

(28)

る u 方向の制御辺ベクトル \mathbf{a}_0 、 \mathbf{c}_0 及び \mathbf{a}_2 、 \mathbf{c}_2 がそれぞれ互いに平行でない場合、 η_1 及び η_2 の関係は、(16) 式及び (20) 式から

$$\eta_1 \neq 0, \eta_2 \neq 0 \quad \dots\dots (44)$$

の関係になければならない。

ここで κ_1 及び κ_2 が互いに等しくないときには、次式

$$\mathbf{c}_1 = \frac{1}{3} (\kappa_1 \mathbf{a}_2 + (\kappa_1 + \kappa_2) \mathbf{a}_0 + 2 \eta_1 \mathbf{b}_2 + \eta_2 \mathbf{b}_1) \quad \dots\dots (45)$$

$$\mathbf{c}_2 = \frac{1}{3} (\kappa_2 \mathbf{a}_0 + (\kappa_1 + \kappa_2) \mathbf{a}_2 + 2 \eta_2 \mathbf{b}_2 + \eta_1 \mathbf{b}_1) \quad \dots\dots (46)$$

で示すように、(27) 式及び (28) 式で表される関係と同じ条件で、制御辺ベクトル \mathbf{c}_1 及び \mathbf{c}_2 が求められる。

これに対して κ_1 及び κ_2 が互いに等しいとき

(30)

には、(45)式及び(46)式において $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa$ とおくことにより、制御辺ベクトル c_1 及び c_2 は

$$c_1 = \frac{1}{3} (\kappa a_1 + 2 \kappa a_0 + 2 \eta_1 b_1 + \eta_2 b_2) \quad \dots\dots (47)$$

$$c_2 = \frac{1}{3} (\kappa a_0 + 2 \kappa a_2 + 2 \eta_2 b_2 + \eta_1 b_1) \quad \dots\dots (48)$$

のように表すことができる。

このようにして節点の制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ における u 方向の制御辺ベクトルが互いに等しくないときには、(45)式、(46)式又は(47)式及び(48)式によつて表される関係に制御辺ベクトル c_1 及び c_2 を選定することによつて2つのパッチを接平面連続の条件によつて接続することができる。

(31)

算を実行する。ここで、境界曲線周りの制御辺ベクトルが補間演算の基準位置データに用いられる。

かくして第1図について上述したように、共有境界COMについて、その両端の節点でなる制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ と、この制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ 間の2つの制御点 $P_{(01)}$ 及び $P_{(02)}$ とが設定される。

同様に他の境界曲線についても、節点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(20)}$ 間、 $P_{(20)}$ 及び $P_{(22)}$ 間、 $P_{(22)}$ 及び $P_{(02)}$ 間、 $P_{(00)}$ 及び $P_{(20)}$ 間、 $P_{(20)}$ 及び $P_{(22)}$ 間、 $P_{(22)}$ 及び $P_{(02)}$ 間にそれぞれ制御点 $P_{(10)}$ 及び $P_{(20)}$ 、 $P_{(21)}$ 及び $P_{(22)}$ 、 $P_{(23)}$ 及び $P_{(13)}$ 、 $P_{(10)}$ 及び $P_{(20)}$ 、 $P_{(21)}$ 及び $P_{(22)}$ 、 $P_{(23)}$ 及び $P_{(13)}$ が設定される。

このようにして隣合う2つのパッチ $S_{(u,v)}$ 及び $S_{(u,v)}$ の境界曲線についてそれぞれ3次のベジェ式を表す4つの制御点が指定されると共に、4つの境界曲線に囲まれた各パッチの内部に、各境界線について両端の節点間に指定された2つの

(33)

(64) パッチ接続処理手順

第3図に示すように、パッチを帯状に1次元的に接続する処理は、これをコンピュータによつて第4図に示す処理手順を実行することにより実現し得る。

第4図において、ステップSP1において接続処理手順が開始されると、コンピュータはステップSP2においてパッチデータを読み込む。このパッチデータは例えば別途デザイナーが自由曲面をデザインする際に、3次元空間に境界曲線網を枠組みすることにより得られる。この枠組み処理に異常がなければ、境界曲線によつて囲まれている隣合うパッチは共有境界COMをもっており、従つて以下に述べる接続処理によつてこの共有境界COMにおいて2つのパッチを接平面連続の条件の下に滑らかに接続することができる。

コンピュータはステップSP2においてパッチデータを読み込んだとき、3次のベジェ式で表される曲面を対応する境界曲線上に張る際に必要とされる16個の制御点を設定してパッチ内の補間演

(32)

制御点に対応する4つの制御点 $P_{(11)}$ 、 $P_{(21)}$ 、 $P_{(01)}$ 、 $P_{(02)}$ 、 $P_{(12)}$ 、 $P_{(13)}$ 、 $P_{(22)}$ が指定される。

かくして隣合う2つのパッチ $S_{(u,v)}$ 及び $S_{(u,v)}$ に対して3次のベジェ式で表された曲面をそれぞれ張ることができる。

コンピュータはこの2つの曲面について、その共有境界COMを挟んで指定されている制御点によつて構成される制御辺ベクトル $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_2$ を用いて2つのパッチが接平面連続の条件を満足するように共有境界COMの節点の制御点 $P_{(00)}$ 及び $P_{(02)}$ 間の制御点 $P_{(01)}$ 及び $P_{(02)}$ から各パッチ内部の中間制御点 $P_{(11)}$ 、 $P_{(12)}$ 及び $P_{(13)}$ 、 $P_{(21)}$ 、 $P_{(22)}$ に向かう制御辺ベクトル a_1 、 a_2 及び c_1 、 c_2 を演算し直すことによつて、1次元的な接続を以下に述べるステップによつて実現する。

すなわちコンピュータは次のステップSP3において、接続すべき2つのパッチ $S_{(u,v)}$ 及び $S_{(u,v)}$ を指定した後、ステップSP4に移る。

(34)

このステップSP4は、接続しようとする2つのパッチの共有境界COMの両端にある制御点 $P_{(0,0)}$ 及び $P_{(0,2)}$ において、制御辺ベクトルが同一平面上にあるかどうかを調べる。すなわち制御点 $P_{(0,0)}$ において制御辺ベクトル a_0 、 b_1 、 c_1 が同一平面になれば、接平面連続の条件が成り立たないことになり、同様に節の制御点 $P_{(0,2)}$ において制御辺ベクトル a_2 、 b_2 、 c_2 が同一平面になれば接平面連続の条件が成り立たないことになる。そこでコンピュータはステップSP4において肯定結果が得られたときには次のステップSP5に進み、これに対して否定結果が得られたときには、ステップSP6において同一平面でない制御辺ベクトルを回転させることによって同一平面上に修正した後次のステップSP5に進む。

このステップSP5は制御点 $P_{(0,0)}$ 及び $P_{(0,2)}$ 間にある2つの制御点 $P_{(0,1)}$ 及び $P_{(0,2)}$ について、各パッチ $S_{(u,v)_1}$ 及び $S_{(u,v)_2}$ に向かう制御辺ベクトル a_1 、 a_2 及び c_1 、 c_2 として接平面連

(35)

続の条件を満足する位置ベクトルを求めて設定し直す。この実施例の場合、制御辺ベクトル a_1 及び a_2 は、(23)式及び(24)式について上述したように、制御点 $P_{(0,0)}$ から $P_{(0,2)}$ に向かう方向すなわち v 方向に座標を移動させて行つたときの横断接線ベクトルの変化率が一定であるものとして決められた制御辺ベクトル a_0 、 a_2 に基づいて設定される。

かくして設定された制御辺ベクトル a_1 、 a_2 に基づいて(27)式及び(28)式を用いて他方のパッチの制御辺ベクトル c_1 、 c_2 を演算する。

この実施例の場合、コンピュータによるこのステップSP5における演算は、枠組み処理の仕方によつて共有境界COMの両端位置における境界曲線の形態に応じて、 u 方向の制御辺ベクトルが平行か否かの条件に基づいてそれぞれ異なる演算式を用いて制御辺ベクトル c_1 、 c_2 を求めるようになされている((29)式～(48)式)。

かくしてコンピュータは隣合う2つのパッチ相互間を接平面連続の条件で接続する処理を終わつ

(36)

て、次のステップSP6において表示装置を用いて各パッチを囲む境界曲線の各点における法線ベクトル及びパッチ内の等高線を表示することにより、2つのパッチの接続が滑らかであるか否かをオペレータが目視確認できるように表示する。

例えば第5図に示すように、共有境界COMの両端の制御点 $P_{(0,0)}$ 及び $P_{(0,2)}$ における係数 κ_1 及び κ_2 が互いに異なる場合にも、オペレータは第6図に示すように、ステップSP2～SP5の接続処理によつて生成された曲面の共有境界COMにおける法線ベクトルが同一になることを、他の境界線上の法線ベクトルと共に目視確認し得る。

この表示を見てオペレータは次のステップSP7において、各パッチ $S_{(u,v)_1}$ 及び $S_{(u,v)_2}$ について共有境界COM上の法線ベクトルが互いに一致したか否かを確認でき、一致していない場合にはステップSP8においてその原因を調べ、必要に応じて数値的な修正を行う。かくして一連のパッチ接続処理手順をステップSP9において終了する。

(37)

(G5)実施例の効果

上述のように構成すれば、オペレータが枠組み処理によつて形成した枠組み空間に張られた隣合うパッチを、その1階微係数が共有境界において接平面連続となるように接続することができ、かくして全体として滑らかな自由曲面を生成できる曲面作成装置を得ることができる。

かくするにつき、3次の補間演算式を用いるようにしたことにより、作成した曲面の予測が容易な条件下でパッチの接続をし得る。

また上述の実施例のように、枠組み形態が異なるとき、これに応じて異なる補間演算式を用いるようにしたことにより、多様な枠組み形態に最適な条件下で、パッチを滑らかに接続することができる。

また、第6図について上述したように、共有境界COMの法線ベクトルを表示装置によつて表示することにより、パッチの接続結果を誤りなく表示することができる。因に、上述のように接続処理をする前の不連続のままにすると、2つのパツ

(38)

チ $S(u, v)_1$ 及び $S(u, v)_2$ の共有境界 COM の法線ベクトルは一致しないので第 7 図に示すように開いた状態に表示されるのに対して、接続処理をすれば、第 6 図について上述したように、2 つのパッチの法線ベクトルは閉じて 1 本のように表示される。かくして共有境界が連続であることを容易に目視確認できる。

(G6) 他の実施例

なお上述においては、(21) 式及び (22) 式に基づいて制御辺ベクトル a_1 及び a_2 を設定するにつき、 v 方向に見たときの横断接線ベクトルの変化率が一定であるという条件を用いた場合について述べたが、これに代え、例えば (22) 式において

$$a_0 - 3a_1 = 0 \quad \dots\dots (49)$$

となるように制御辺ベクトル a_1 を

$$a_1 = \frac{1}{3} a_0 \quad \dots\dots (50)$$

(39)

パッチの補間演算をする場合について述べたが、数式の次数はこれに限らず 4 次以上にしても良い。

さらに上述においては、パッチの補間演算をベジエ式を用いた場合について述べたが、これに限らず、スプライン式、クーンズ (Coons) 式、フォーガソン (Ferguson) 式などの他の数式を用いるようにしても良い。

H 発明の効果

以上のように本発明によれば、隣合う 2 つのパッチの内部の曲面を表す制御点を、各パッチのベクトル関数の 1 階微係数でなる接線ベクトルを用いて、接平面連続の条件を満足するように設定するようにしたことにより、2 つのパッチを容易に滑らかに接続することができる自由曲面作成装置を実現し得る。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明による自由曲面作成方法において用いられる制御辺ベクトルを示す略線図、第 2

のように設定し、その結果制御辺ベクトル a_2 が (22) 式の関係から

$$a_2 = \frac{1}{3} a_0 \quad \dots\dots (51)$$

のように設定することができる。

このようにして設定した制御辺ベクトル a_1 及び a_2 に基づいて、(50) 式及び (51) 式を、(25) 式及び (26) 式に代入することによって制御辺ベクトル c_1 及び c_2 を次式

$$c_1 = \frac{1}{3} (x_2 a_0 + 2\eta_1 b_2 + \eta_2 b_1) \quad \dots\dots (52)$$

$$c_2 = \frac{1}{3} (x_1 a_0 + 2\eta_2 b_2 + \eta_1 b_1) \quad \dots\dots (53)$$

として求めることができる。

また上述においては、3 次のベジエ式を用いて

(40)

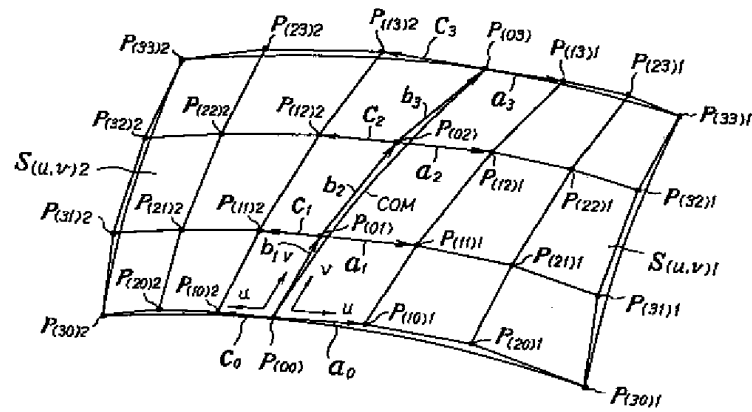
図は第 1 図の共有境界における接平面連続の条件の説明に供する略線図、第 3 図はパッチの 1 次元接続となる枠組み形態を示す略線図、第 4 図は 2 つのパッチを接続する際に用いられる接続処理手順を示すフローチャート、第 5 図は枠組の一例を示す略線図、第 6 図は本発明の実施例によつて接続した場合の共有境界の接続状態の表示を示す略線図、第 7 図は接続処理をする前の接続状態を示す略線図である。

$S(u, v)_1$ 、 $S(u, v)_2$ ……パッチ、 $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_2$ ……制御辺ベクトル、 $P_{(00)} \sim P_{(02)}$ 、 $P_{(10)} \sim P_{(22)}$ 、 $P_{(10)} \sim P_{(22)}$ ……制御点、 $SE1 \sim SE5$ ……パッチ、COM、COM1 \sim COM3 ……共有境界。

代理人 田 辺 恵 基

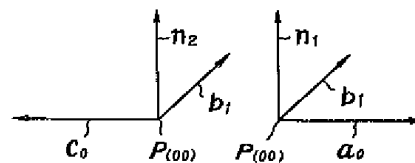
(41)

(42)



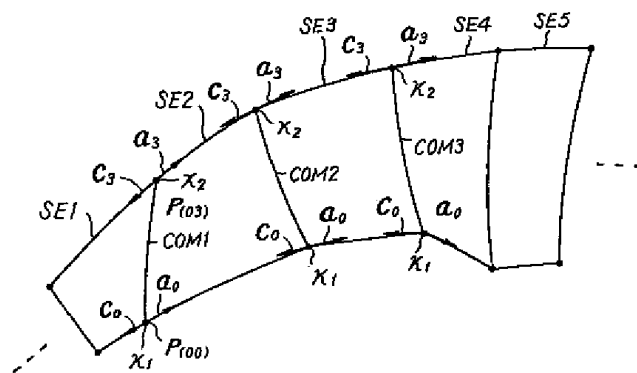
2つのパッチの制御辺ベクトル

第 1 図



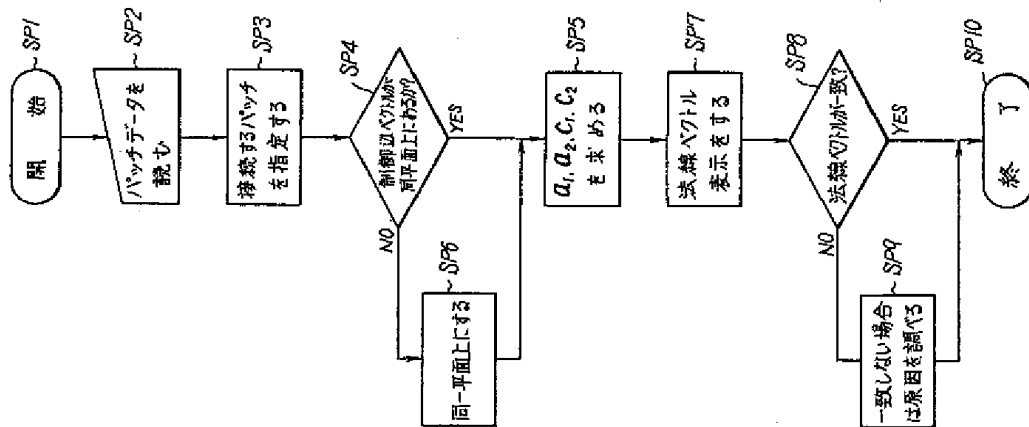
接平面連続の条件

第 2 図

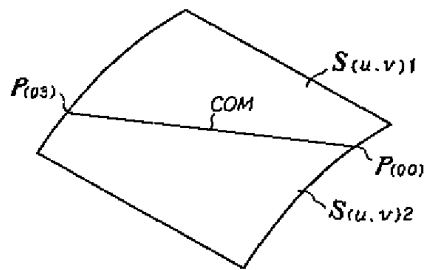


パッチの1次元の接続

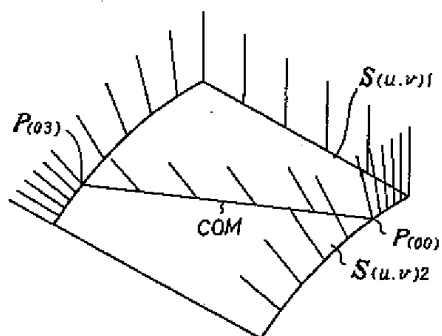
第 3 図



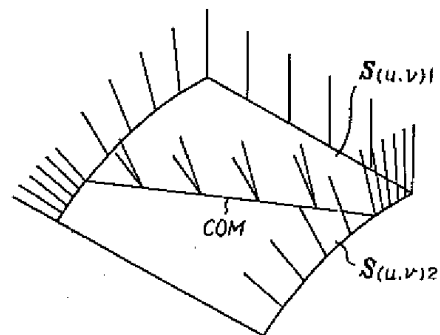
パッチ接続処理手順
第4図



$K_1 \neq K_2$ の枠組
第5図



実施例による接続結果
第6図



本発明によらない接続結果
第7図

手続補正書

昭和61年7月//日

特許庁長官 宇 賀 道 郎 殿

適

1. 事件の表示

昭和60年特許願第277448号

2. 発明の名称

自由曲面作成方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

名称 (218) ソ ニ ー 株 式 会 社

代表者 大 賀 典 雄

4. 代理人 〒150 (電話03-470-6591)

住所 東京都渋谷区神宮前三丁目22番10号

斉藤ビル4階

氏名 (8274) 弁理士 田 辺 恵 基

5. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」及び「図面の簡単な説明」の欄、並びに図面

方式
審査

①



このような条件の下に、接平面連続というためには、接線ベクトル H_a 、 H_b 及び H_c 、 H_d が同一平面上に存在しなければならず、その結果法線ベクトル n_1 及び n_2 は同一方向に向くことになる。

ここで、

$$H_a = \frac{\partial S(u, v)_1}{\partial u} \quad \dots \dots (4C)$$

$$H_b = \frac{\partial S(u, v)_1}{\partial v} \quad \dots \dots (4D)$$

$$H_c = \frac{\partial S(u, v)_2}{\partial u} \quad \dots \dots (4E)$$

(2) 同、第37頁1行、「ステップSP6」を、「ステップSP7」と訂正する。

(3) 同、第42頁5行、「フロチャート」を、「フローチャート」と訂正する。

(4) 第2図を別紙の通り訂正する。

(3)

6. 補正の内容

(1) 明細書、第13頁8行～第14頁(5)式から4行、「例えば、一方の……向くことになる。」を、下記のように訂正する。

「すなわち、共有境界COM上の任意点 $P(u, v)$ についての接平面連続の条件は、第2図に示すように決められる。すなわちパッチ $S(u, v)_1$ について、共有境界COMを横断する方向(すなわち u 方向)の接線ベクトル H_a 、及び共有境界COMに沿う方向(すなわち v 方向)の接線ベクトル H_b の法線ベクトル n_1 は、

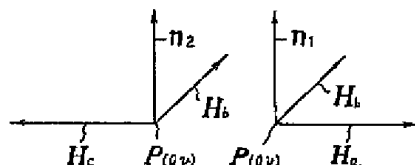
$$n_1 = H_a \times H_b \quad \dots \dots (4A)$$

で表され、またパッチ $S(u, v)_2$ について、共有境界COMを横断する方向の接線ベクトル H_c 、及び共有境界COMに沿う方向の接線ベクトル H_d の法線ベクトル n_2 は、

$$n_2 = H_c \times H_d \quad \dots \dots (4B)$$

で表される。

(2)



接平面連続の条件

第2図

手続補正書

昭和61年8月6日

特許庁長官 黒田明雄殿

適

1. 事件の表示

昭和60年特許願第277448号

2. 発明の名称

自由曲面作成方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

名称 (218) ソニ－株式会社

代表者 大賀典雄

4. 代理人 〒150 (電話03-470-6591)

住所 東京都渋谷区神宮前三丁目22番10号

斉藤ビル4階

氏名 (8274) 弁理士 田辺恵基



5. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄



を求める。」

(7) 同、第14頁(6)式から3行、「(u, v)」を削除する。

(8) 同、第17頁16行、「 $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_3$ 」を、「 a_1 、 a_2 、 c_1 、 c_2 」と訂正する。

(9) 同、第19頁1行～4行、「結局(16)式……行くことによつて、」を、次のように訂正する。

「(16)式より未知数 κ_1 、 η_1 が決まり、
(20)式より未知数 κ_2 、 η_2 が決まり、
(17)式～(19)式より a_1 、 a_2 、 c_1 、 c_2 を、」

(10) 同、第19頁18行～19行、「制御辺ベクトル b_1 、 b_2 、 b_3 を消去することにより、」を削除する。

(11) 同、第20頁(21)式から3行、「おけば、」を、「おけば、」と訂正する。

(12) 同、第20頁下から4行、「かかる演算をする際に」を、「別の方法として」と訂正する。

(13) 同、第22頁(26)式から1行、「によつて」

(3)

6. 補正の内容

(1) 明細書、第7頁1行、「 $a_0 \sim a_3$ 」を、「 $\partial S_1 / \partial u$ 、 $\partial S_1 / \partial v$ 」と訂正する。(2) 同、第7頁5行、「 $c_0 \sim c_3$ 」を、「 $\partial S_2 / \partial u$ 、 $\partial S_2 / \partial v$ 」と訂正する。(3) 同、第7頁6行、「 $a_0 \sim a_3$ 及び $c_0 \sim c_3$ 」を削除する。

(4) 同、第10頁19行～20行、「おける凸面側位置に」を削除する。

(5) 同、第11頁20行～第12頁1行、「 $a_0 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_0 \sim c_3$ 」を、「 a_1 、 a_2 、 c_1 、 c_2 」と訂正する。

(6) 同、第12頁14行～17行、「かくして共有境界COM……条件式を求める。」を次のように訂正する。

「 a_0 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c_1 、 c_2 は枠組として設定されているため接平面連続条件を使つて a_1 、 a_2 、 c_1 、 c_2 を求めることにより内部の制御点
 $P_{(1)(1)}$ 、 $P_{(1)(2)}$ 、 $P_{(1)(3)}$ 、 $P_{(1)(4)}$ 」

(2)

の後に、「第2のパッチ $S_{(u,v)_2}$ の」を挿入する。

(14) 同、第37頁13行～14行、「SP7」を、「SP8」と訂正する。

(15) 同、第37頁17行、「SP8」を、「SP9」と訂正する。

(16) 同、第37頁19行、「SP9」を、「SP10」と訂正する。

(17) 同、第41頁5行～6行、「フオーガソン」を、「フアーガソン」と訂正する。

(4)

PAT-NO: JP362135965A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62135965 A
TITLE: FREE CURVED
SURFACE
PREPARING METHOD
PUBN-DATE: June 18, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KURAGANO, TETSUZO	
KIKUCHI, ATSUSHI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SONY CORP	N/A

APPL-NO: JP60277448
APPL-DATE: December 9, 1985

INT-CL (IPC) : G06F015/60

ABSTRACT :

PURPOSE: To execute the calculating processing of a complicated curved surface with a simple interpolating calculation by connecting easily the mutual section between adjoining patches under the condition of a tangent plane continuity.

CONSTITUTION: Out of many patches, the first and second adjacent patches $S(u, v)_1$ and $S(u, v)_2$ are designated, composed of one step fine coefficient of a vector function to show the first patch, the first tangent vectors $a_0 \sim a_3$ composed of two vectors on the direction along a

sharing border COM of the said first patch and the direction to cross the COM are obtained, composed of one step fine coefficient of the vector function to show the second patch, the second tangent vector $C_0 \sim C_3$ of the direction along the sharing border COM of the second patch and the direction to cross the COM are obtained, the first and second tangent vectors are set so that the conditions of the tangent plane continuity can be established in the above-mentioned sharing border, and by the first and second set tangent vectors a_1, a_2 and c_1, c_2 , the position designated in the first and second patches is used as internal control points $P(11)_1, P(12)_1$ and $P(11)_2, P(12)_2$.

COPYRIGHT: (C) 1987, JPO&Japio